

КОМПЛЕКС ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ БУЛЬБАРНОЙ КОНЬЮНКТИВЫ ГЛАЗА И СПЕКТРОВ ЕЕ ДИФFUЗНОГО РАССЕЙЯНИЯ

В. А. Фираго¹, А. И. Кубарко², С. А. Лысенко¹,
И. А. Волкова¹, А. Н. Собчук³

¹Белорусский государственный университет, Минск

²Белорусский государственный медицинский университет, Минск

³Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск

E-mail: firago@bsu.by

Решение проблемы ранней диагностики сосудистых заболеваний требует использования разнообразных диагностических методов [1]. Поскольку сосуды глаза доступны для непосредственного наблюдения, ряд корпораций выпускают дорогостоящие фундус-камеры для получения цифровых изображений сетчатки глаза. Обработывая эти изображения можно оценить ее состояние и определить ряд морфологических параметров сосудистой сети сетчатки [2]. Однако фундус-камеры не позволяют определять скорость кровотока, а также оценивать ряд сопутствующих параметров (например, насыщенность гемоглобина кислородом) и их изменения при различных внешних воздействиях на организм человека.

Сосуды бульбарной конъюнктивы (белковой оболочки) глаза более доступны для получения видеозаписей, а также спектров их диффузного рассеяния. Поэтому на кафедре квантовой радиофизики и оптоэлектроники Белорусского государственного университета совместно со специалистами Белорусского государственного медицинского университета создан соответствующий компьютерный комплекс [3]. Он состоит из двух персональных компьютеров, высокочувствительного оптоволоконного спектрофотометра AvaSpec-2048, монохромной цифровой видеокамеры Imperx Bobcat IGV-B1410M и блока импульсной и непрерывной подсветки на основе светодиодной и оптоволоконной техники. Спектрофотометр и цифровая видеокамера имеют USB интерфейс, что позволяет управлять ими через соответствующее программное обеспечение. Цифровая камера, и блок импульсной подсветки с фокусирующим объективом установлены на салазках микроскопической подвижки, которая крепится на поворотном колене подвижной платформы щелевой лампы (рис. 1).

При большом увеличении микроскопического объектива камеры глубина резкости изображения оказывается небольшой. Поэтому наводка поля зрения камеры на интересующий участок сосудов конъюнктивы и фокусировка изображения сильно затруднены. Изображение на экране монитора

появляется только в узком диапазоне расстояний от объектива до конъюнктивы. Поэтому в состав установки введено дополнительное устройство для визуального наведения и грубой фокусировки. Оно основано на сведении двух пучков лазерного излучения, направленных под углом друг к другу, в одно пятно в плоскости фокуса. Используются два маломощных лазерных диода с длиной волны излучения 635 нм. Они размещаются справа и слева от объектива видеокамеры. Их излучение коллимируется с помощью малогабаритной оптики. Юстировка направления осей этих пучков осуществляется специальными винтами, которыми добиваются, чтобы они совмещались в центре поля зрения камеры в плоскости фокуса. При использовании этого устройства наведение на выбранный участок склеры и грубая фокусировка изображения сосудов осуществляется за несколько секунд. Далее, переключая тумблер, можно перейти в режим импульсной или непрерывной подсветки выбранного участка.



Рис. 1. Вид установки для получения изображений и спектров диффузного рассеяния бульбарной конъюнктивы глаз, собранной на базе целевой лампы

Для получения хорошего контраста между изображениями белой склеры и приповерхностными сосудами конъюнктивы надо правильно выбирать спектральный диапазон подсвечивающего излучения. Ткань склеры представляет собой диффузно рассеивающую среду. Примерно половину падающего излучения она рассеивает обратно. Форменные элементы крови наоборот сильно поглощают излучение. Поэтому сосуды

поверхностного слоя конъюнктивы хорошо видны на белом фоне склеры. Как видно из зависимостей на рис. 2, максимальное поглощение крови и, следовательно, максимальный контраст сосудов будет наблюдаться при подсветке склеры излучением в диапазоне 530–580 нм. К сожалению, в этой области длин волн мощные светодиоды не выпускаются и в блоке подсветки нами использованы доступные сверхяркие светодиоды синего, зеленого, янтарного и белого цвета свечения с потребляемой мощностью до 3 Вт. Их излучение с помощью оптоволоконной техники и фокусирующего объектива освещает выбранный участок бульбарной конъюнктивы. Переключение режимов подсветки осуществляется с помощью тумблеров, расположенных под микроскопической подвижкой.

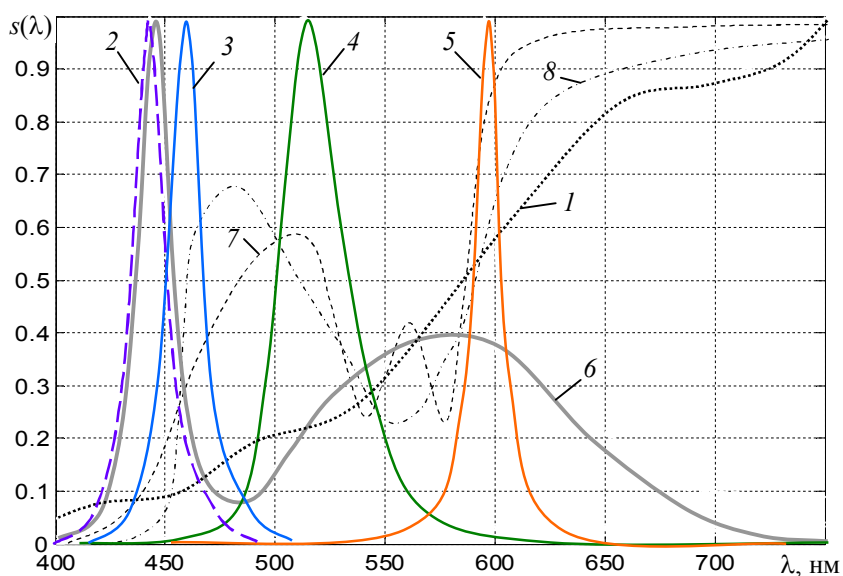


Рис. 2. Спектры излучения галогенной лампы (1) и светодиодов синего (Royal Blue) (2), голубого (Blue) (3), зеленого (Green) (4), янтарного (Amber) (5) и белого (6) цвета свечения, а также спектры пропускания капилляра диаметром 100 мкм с оксигенированной (7) и неоксигенированной (8) кровью

Монохромная камера IGV-B1410M формирует 10-ти разрядное цифровое изображение, состоящее из 1040 строк и 1392 столбцов с пространственным разрешением 2 мкм. Управление работой видеокамеры и визуализация получаемых изображений осуществляется с помощью программы Vision_sclera, созданной в среде GUI Matlab. Максимальная частота передачи кадров составляет 23.2 Гц. При формировании импульсной подсветки используется стробирующий импульс, вырабатываемый камерой. Его длительность в диапазоне от 0.125 до 3 мс задается программно.

При регистрации спектров диффузного рассеяния излучения бульбарной конъюнктивой используется оптоволоконный зонд. Излучение галогенной

лампы спектрофотометра передается по шести внешним волокнам жгута зонда и фокусируется объективом с фокусным расстоянием 40 мм на поверхности глаза в виде кольца (рис. 3). Фокусировка зондирующего излучения осуществляется винтом микронастройки, а контроль за ее правильностью ведется визуально или с помощью видеокамеры. Наблюдаемое при этом изображение показано на рис. 3. Рассеянное тканями бульбарной конъюнктивы излучение из неосвещаемой центральной области этого кольца собирается объективом и через центральное волокно жгута передается на входную щель спектрофотометра. Это позволяет фиксировать только рассеянное тканями конъюнктивы излучение без вклада отраженного от ее поверхности. Расстояние между центрами противоположных пятен кольца освещения составляет примерно 2,06 мм, что позволяет обеспечить информативный объем рассеяния с базой около 1 мм.

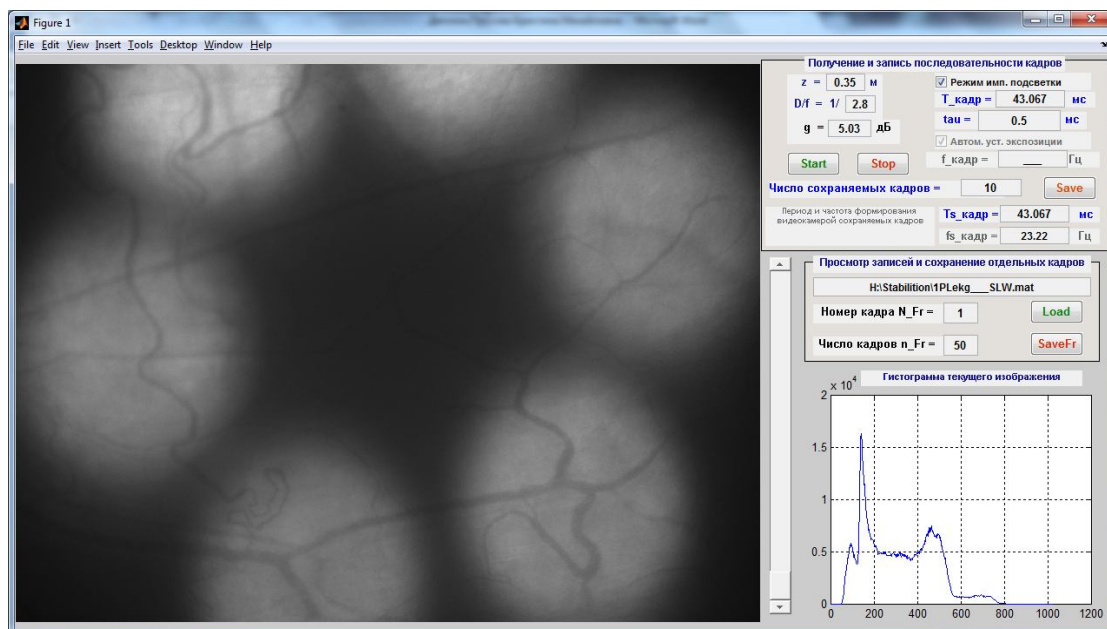


Рис. 3. Вид основного окна управляющей программы установки при получении спектров диффузного рассеяния излучения бульбарной конъюнктивной глаза

Созданный комплекс оснащен необходимым программным обеспечением для получения изображений и спектров бульбарной конъюнктивы, а также их дальнейшей обработки с целью определения скорости кровотока, диаметра сосудов и ряда других ее параметров.

1. Hotra O., Firago V., Kubarko A. // Acta Physica Polonica A. 2014. V. 125, No. 6. P. 1367–1370.
2. Ильясова Н. Ю. Системы компьютерного анализа диагностических изображений кровеносных сосудов: дис. ... д-ра техн. наук: 05.11.17 / Самара, 2014. 346 с.
3. Firago V., Kubarko A., Hotra A., Volkova I. D // New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation: proceedings of the 9th International Conference NEET 2015, June 23 - 26, 2015 in Zakopane (Poland), P. 110.